

ACUSTI CAT

V Congrés
d'Acústica de
Catalunya

Manresa

24 i 25 | ABRIL | 2024

**Compliment de normativa i confort acústic
en la construcció industrialitzada en fusta.**

Jordi Servosa i Roca

(Consultors Acústics, SiS consultoria acústica)

WWW.CONGRESACUSTI.CAT

Descripció del problema

En els edificis residencials es produeixen forces dinàmiques causades principalment pel desplaçament de persones i que són capaces **d'excitar estructuralment l'edifici** i que en funció de la freqüència natural del forjat poden tenir una afectació important en vibració i nivells sonors a baixes freqüències.

Aquests nivells sonors queden **fora del marge d'avaluació normativa** i que en el cas del DB-HR del CTE està comprès a les bandes de terç d'octava d'entre **100 Hz i 5 KHz**.

Table A.3 — Examples of design parameters for moving forces due to one person

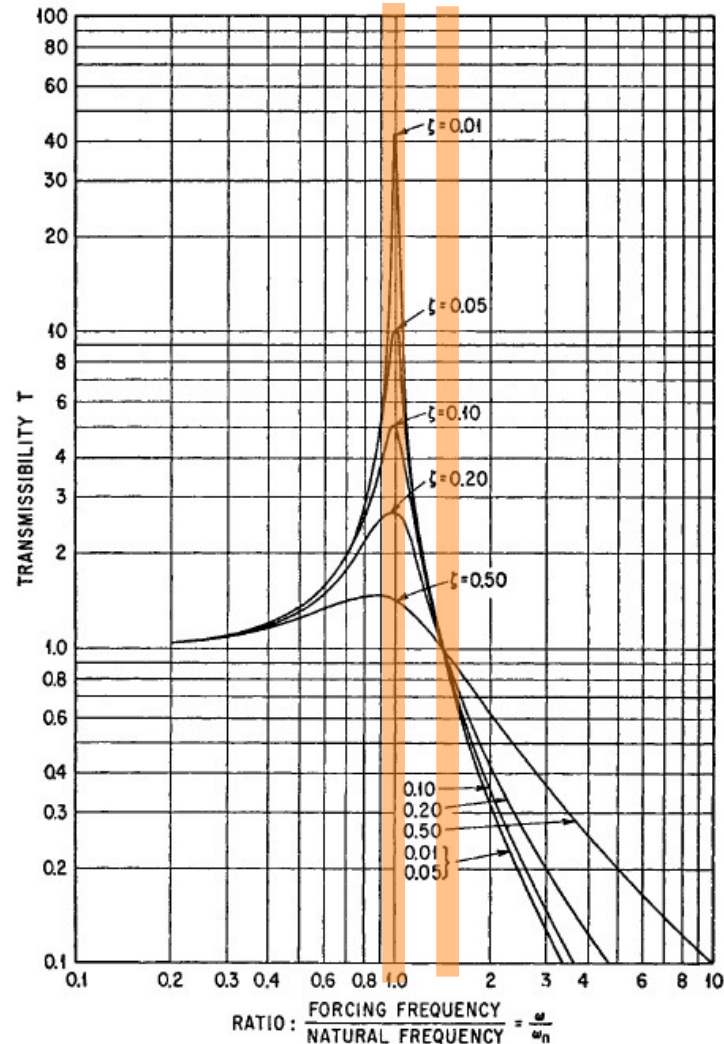
Activity	Harmonic number, n	Common range of forcing frequency, nf Hz	Numerical coefficient for vertical direction, $\alpha_{n,v}$	Numerical coefficient for horizontal direction, $\alpha_{n,h}$
Walking	1	1,2 to 2,4	$0,37(f-1,0)$	0,1
	2	2,4 to 4,8	0,1	
	3	3,6 to 7,2	0,06	
	4 ^a	4,8 to 9,6	0,06	
	5 ^a	6,0 to 12,0	0,06	
Running	1	2 to 4	1,4	0,2
	2	4 to 8	0,4	
	3	6 to 12	0,1	

^a These higher harmonics are rarely significant where human perception is of concern, but may be important for more sensitive building occupancies such as vibration-sensitive instrumentation.

El marge freqüencial on es produeixen aquests nivells de baixa freqüència és molt inferior a 100 Hz i inclús en el marge està a 50 Hz tampoc quedarien convenientment descrits.

Excitació estructural persona caminant de **2,4 Hz (primer harmònic)** a **7,2 Hz (tercer harmònic)**.

Taula **ISO 10137:2007** Bases for design of structures - Serviceability of buildings and walkways against vibrations.



Si la freqüència de la força d'excitació és igual a la freqüència natural de l'estructura entrem a la zona d'amplificació de la vibració i s'accentúa el problema.

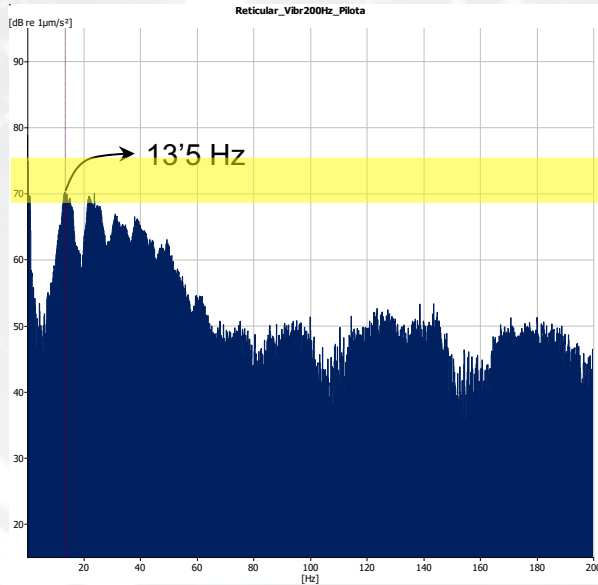
El criteri de mínims a seguir en la **fase del disseny de l'estructura** de l'edifici és que la freqüència sigui igual o superior a 8-9 Hz.

$$f_n \geq 9 \text{ Hz}$$

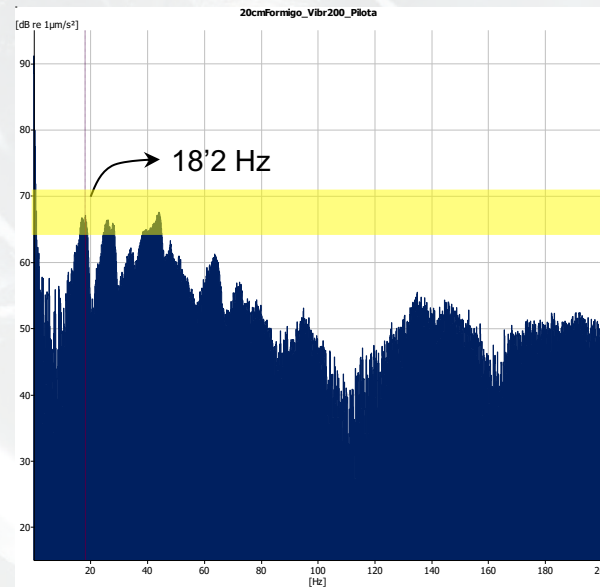
Cal allunyar-se del tercer harmònic (3,6 - 7,6 Hz persona caminant o cas més crític de persona corrent, nens, de 6 - 12 Hz)



Reticular de casetons recuperables

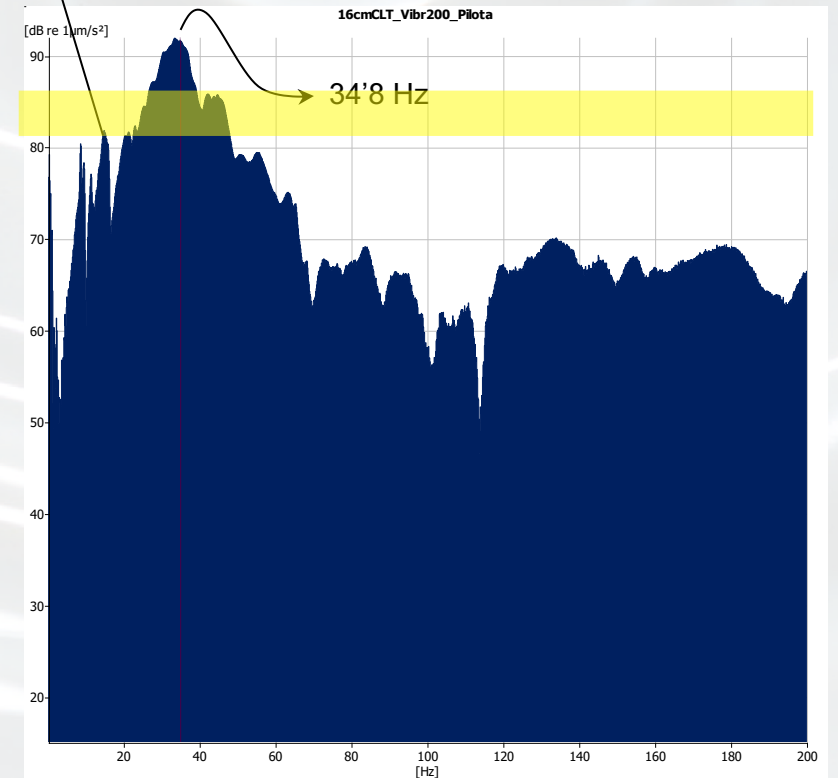


Formigó Massís (20cm)



CLT (16cm)

≈ 8 Hz



Compliment normatiu

Els requeriments del DB-HR d'aïllament al soroll aeri i de nivell de soroll d'impacte són (entre recintes protegits):

$D_{nT,A} = 50 \text{ dBA}$ (100 Hz a 5 KHz) ISO 16283-1

$L'_{nT,w} = 65 \text{ dB}$ (100 Hz a 5 KHz) ISO 16283-2 (**MÀQUINA IMPACTES**)

MÀQUINA IMPACTES:

La màquina d'impactes té cinc martells en línia; amb una massa cadascun d'ells de $500 \pm 12 \text{ g}$. La distància al centre entre martells és de $100 \pm 3 \text{ mm}$. Cada martell cau una distància de 40 mm per picar el terra sota assaig. El temps entre impactes succesius és de $100 \pm 20 \text{ ms}$.

BOLA DE GOMA:

La bola cau en caiguda lliure des d'una alçada de 100 ± 1 . És una bola de 180 mm de diàmetre amb un gruix de parets de 30 mm i una massa efectiva de $2.5 \pm 0.1 \text{ kg}$ amb un coeficient de restitució de 0.8 ± 0.1 .



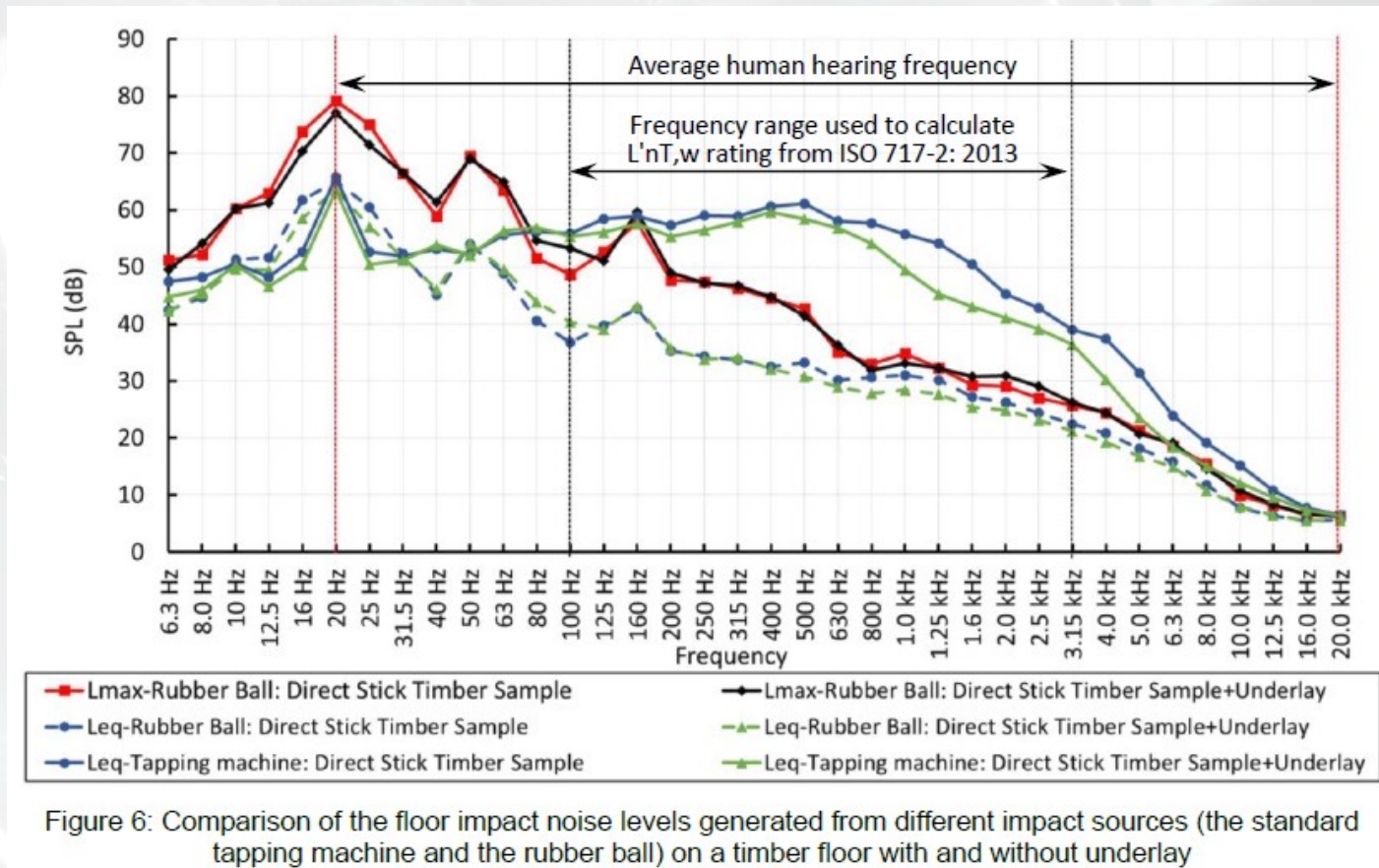


Figure 6: Comparison of the floor impact noise levels generated from different impact sources (the standard tapping machine and the rubber ball) on a timber floor with and without underlay

Molèsties per soroll en habitatges

El soroll percebut prové de fonts aèries i d'impacte o de transmissió via estructural. En referència al soroll aeri la intencionalitat normativa és minimitzar-ne l'afectació i s'aconsegueix amb més o menys èxit. Són les de les caixes grises del gràfic.

Els impactes i la transmissió estructural és l'assignatura pendent i més en els casos de construcció amb estructures lleugeres (CLT, steel frame, etc). Al gràfic s'observa que la majoria d'esdeveniments sorollosos provenen d'aquest tipus de fonts. El cas d'impacte de càrregues pesades queda desatès i fora de regulació i principalment són els sorolls marcats en groc (adults caminant i nens corrent o saltant).

Font: *Levels and sources of neighbour noise in heavyweight residential buildings in Korea*

Nivells sonors del veïnat durant 24-h a 26 habitatges a Korea.

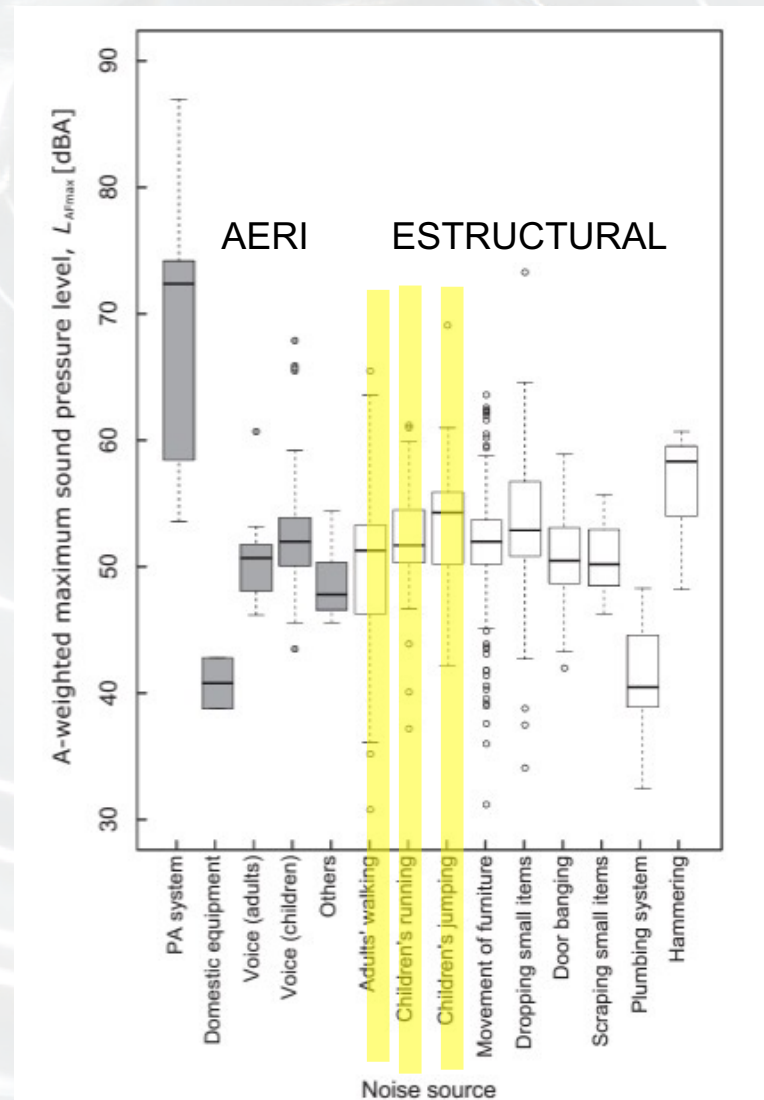


Fig. 4. Boxplots of A-weighted maximum sound pressure levels (L_{AFmax}) for noise source; airborne sound sources (grey boxes) and structure-borne sound sources (white boxes).

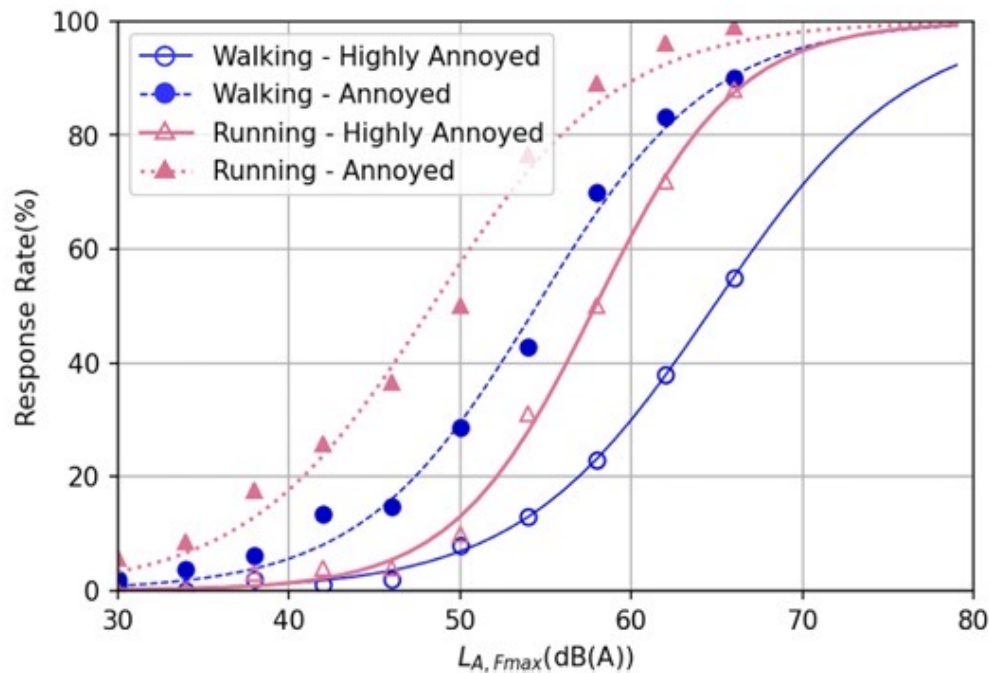


Fig. 11. Response rate of highly annoyed and annoyed respondents real impact source for different activities (adult male walking and child running).

El compliment normatiu no garanteix que no hi hagi molèsties per soroll entre habitatges. El valor límit d'aplicació i en el cas de normatives que fixen el valor límit en el marge estès a 50 Hz tampoc és una garantia en el cas de soroll d'impacte de càrregues pesades.

Calen nous indicadors i valors límit d'aplicació per aquesta problemàtica específica. A falta d'exigència normativa cal que els projectistes en prenguin consciència i minimitzin l'afectació a baixa freqüència.

La norma ISO determina quin paràmetre cal mesurar però no estableix un indicador d'índex únic. Alhora tampoc hi ha uns valors límit amb qui comparar els nivells obtinguts.

3.16 nivel de presión acústica máximo estandarizado de ruido de impactos, $L'_{i,Fmáx,V,T}$:

Nivel de presión acústica máximo de ruido de impactos, ($L_{i,Fmáx}$) (3.4), aumentado por un término de corrección para el volumen del recinto y reducido por un término de corrección para el tiempo de reverberación y la ponderación temporal rápida que se calcula haciendo uso de las fórmulas (4), (5) y (6) cuando la fuente de impactos es la pelota de caucho:

$$L'_{i,Fmáx,V,T} = L_{i,Fmáx} + 10 \lg \frac{V}{V_0} - 10 \lg \left[\frac{1 - C_0^{-1}}{1 - C^{-1}} \left(\frac{C^{(1-C)^{-1}} - C^{-(1-C)^{-1}}}{C_0^{(1-C_0)^{-1}} - C_0^{-(1-C_0)^{-1}}} \right) \right] \quad (4)$$

En el moment actual només hi ha les normes coreana i japonesa i és possible mesurar i calcular conforme els paràmetres i valors límits per poder determinar com estem construïnt amb estructures lleugeres i quina és la probabilitat de molèstia dels ocupants dels habitatges.

- KS F 2810-2-2012. *Field measurements of floor impact sound insulation of buildings-Part 2:Method using standard heavy impact sources.*
- KS F 2863-3: 2012. *Rating of floor impact sound insulation for impact source in buildings and of building elements. Part 2: Floor impact sound insulation against standard heavy impact source.*
- JIS A 1418-2: 2000. *Acoustics. Measurement of Floor Impact Sound Insulation of Buildings. Part 2: Method Using Standard Heavy Impact Sources.*
- JIS A 1419-2: 2000. *Acoustics. Rating of sound insulation in buildings and of building elements. Part 2: Floor impact sound insulation.*